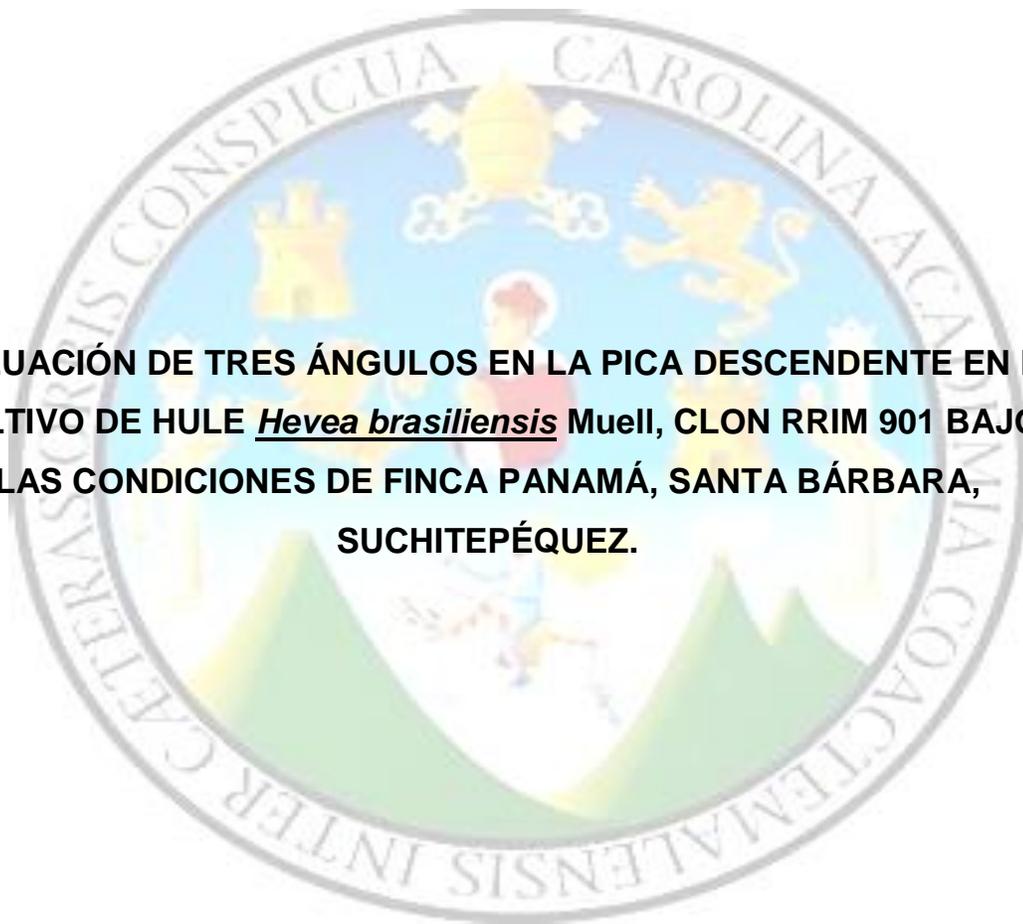


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a person in a red shirt and blue pants, possibly a student or worker, standing on a green hill. Above the figure are three golden crowns or crowns. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin motto "CETERA SVBSCRIBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**EVALUACIÓN DE TRES ÁNGULOS EN LA PICA DESCENDENTE EN EL
CULTIVO DE HULE *Hevea brasiliensis* Muell, CLON RRIM 901 BAJO
LAS CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA BÁRBARA,
SUCHITEPÉQUEZ.**

RODRIGO JOSÉ DEL CID PÉREZ

Quetzaltenango, Julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

CARRERA DE AGRONOMIA

“EVALUACIÓN DE TRES ÁNGULOS EN LA PICA DESCENDENTE EN EL CULTIVO DE HULE *Hevea brasiliensis* Muell, CLON RRIM 901 BAJO LAS CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ”.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala

POR:

RODRIGO JOSÉ DEL CID PÈREZ

Previo a conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios.

Secretario General: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General CUNOC: Licda. María del Rosario Paz Cabrera

Secretario Administrativo: Lic. César Haroldo Milian Raquena

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Dr. Oscar Arango B.

Lic. Teódulo Cifuentes

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luís E. Rojas Menchú

Br. Víctor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
TÉCNICO PROFESIONAL**

PRESIDENTE

Ing. Agr. Fernando Danilo Itzep Solares

EXAMINADORES

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez L.

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento de Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, julio de 2012

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLE MESA DE PROTOCOLO Y ACTO DE JURAMENTACIÓN

De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado:

“EVALUACION DE TRES ANGULOS EN LA PICA DESCENDENTE EN EL CULTIVO DE HULE Hevea brasiliensis Muell, CLON RRIM 901 BAJO LAS CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA BARBARA, SUCHITEPEQUEZ”.

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Rodrigo José del Cid Pérez

Quetzaltenango, 9 de julio de 2,012.

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente

Estimado Director:

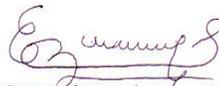
Me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que en cumplimiento de la asignación que esa Dirección me hiciera, he proporcionado al Estudiante **Rodrigo José del Cid Pérez**, la asesoría requerida para su investigación titulada:

**EVALUACION DE TRES ANGULOS EN LA PICA DESCENDENTE EN EL CULTIVO DE HULE Hevea
brasiliensis Muell, CLON RRIM 901 BAJO LAS CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA
BARBARA, SUCHITEPEQUEZ, DURANTE EL PERIODO 2011 – 2012.**

Al haber concluido ésta, tanto en su etapa de campo como de gabinete, me permito hacer constar a Usted, que considero que dicho trabajo es merecedor de su APROBACION, para su PUBLICACION, pues constituye un valioso aporte para el sector Hulero del país.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Atentamente.



Ing. Agr. Fernando Danilo Itzep Solares
Colegiado 3,136

ASESOR



Quetzaltenango, 12 de julio de 2012.

Ing. Agr. M. Sc. Héctor Alvarado Quiroa.
Director de la División de Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente.

Apreciable Señor Director:

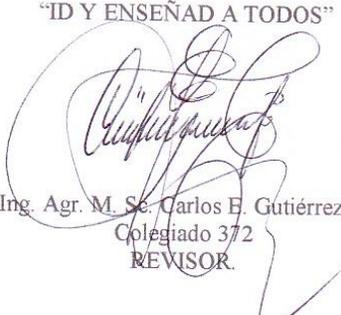
Atendiendo al nombramiento que la Dirección a su cargo me confiriera, a través del Oficio No.027/SDCT/2012, me permito informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación del estudiante universitario RODRIGO JOSÉ DEL CID PÉREZ titulado:

“EVALUACIÓN DE TRES ÁNGULOS EN LA PICA DESCENDENTE EN EL CULTIVO DE HULE, Hevea brasiliensis Muell, CLON RRIM 901, BAJO LAS CONDICIONES DE LA FINCA PANAMÁ, SANTA BÁRBARA SUCHITEPÉQUEZ”.

Aprovecho la oportunidad para indicarle la importancia del trabajo, el cual cumple con los requisitos para su aprobación.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. M. Sc. Carlos E. Gutiérrez L.

Colegiado 372

REVISOR.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** _____
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 011-AGR-2012 de fecha jueves doce de julio del año dos mil doce del (la) estudiante: RODRIGO JOSÉ DEL CID PÉREZ con Carné No 200021751 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA _____, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “EVALUACIÓN DE TRES ANGULOS DE PICA DESCENDENTE EN EL CULTIVO DE HULE (Hevea brasiliensis Muell) CLON RRIM 901, BAJO CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA BARBARA, SUCHITEPÉQUEZ.”

Quetzaltenango, 12 de julio de 2012.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por acompañarme incondicionalmente en cada paso del camino recorrido. Sin Él no hubiese podido cumplir esta meta.

A MI MADRE

Olga Yadira Pérez Nieves, por sus grandes esfuerzos, lucha y sacrificio. Por su inmenso amor y dedicación, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y principalmente en mi carrera. Madre recibe este triunfo como muestra de mi agradecimiento.

A MI NOVIA

Mónica Isabel Romero Guevara con todo el amor del mundo, gracias por el cariño, amor y apoyo brindado, sin el cual no hubiera podido realizar mis metas.

A MI HERMANO

Francisco Javier por compartir este éxito en mi vida y por ese gran apoyo en todo momento.

A MIS ABUELOS

José Rodrigo Pérez y Pérez (QEPD) y Olga Blanca Nieves de Pérez a quienes dedico mi triunfo con inmenso amor.

A MIS TIOS Y TIAS

De quienes siempre recibí una ayuda, un sabio consejo, un apretón de manos, un abrazo o un beso, que han sido de bendición para mi vida.

A MIS PRIMOS Y PRIMAS

Por los que siento un cariño muy especial y me han brindado momentos muy bellos en mi vida que nunca olvidaré.

A MIS AMIGOS

Con quienes he compartido diferentes momentos en mi vida, con aprecio y cariño sincero.

AGRADECIMIENTOS

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por haberme llenado de conocimientos durante los años de estudio.

A FINCA PANAMÁ, AGROPECUARIA ATITLAN S.A.

Por haberme abierto las puertas para la realización de esta investigación, así también por todo el apoyo brindado.

A MI ASESOR

Ingeniero Fernando Danilo Itzep Solares por su tiempo, colaboración y experiencia aportada en la realización de la presente tesis que ayudó a que pudiera alcanzar mi meta.

A MI REVISOR

Ingeniero Carlos Gutiérrez por el apoyo incondicional brindado en la realización de mi tesis

A LOS DISTINGUIDOS PROFESIONALES

Ing. Henry López, Ing. Carlos Gutiérrez, Ing. Juan Bolaños, Ing. Rony de Paz. Quienes compartieron sus experiencias y conocimientos conmigo para desarrollarme como profesional.

**“EVALUACIÓN DE TRES ÁNGULOS EN LA PICA DESCENDENTE
EN EL CULTIVO DE HULE Hevea brasiliensis Muell, CLON RRIM
901 BAJO LAS CONDICIONES DE FINCA PANAMÁ, SANTA
BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ”**

INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. GENERAL	3
1.1.2. ESPECÍFICOS	3
1.2. HIPÓTESIS	4
1.2.1. Hipótesis nula (Ho)	4
1.2.2. Hipótesis alternativa	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Características del <i>Hevea brasiliensis</i>	5
2.2. Morfología y fisiología del <i>Hevea brasiliensis</i>	6
2.2.1. Corteza	6
2.2.2. Principales tejidos atípicos	7
2.2.2.1. Laticíferos	7
2.2.3. Fisiología del látex de hule natural	7
2.2.4. El sistema laticífero del Hevea	8
2.2.5. Fisiología de la producción de látex	9
2.2.5.1. El látex	9
2.3 Definición de la pica	10
2.3.1. La pica descendente y la inclinación en el corte de pica	11
2.4 Factores de rendimiento	12
2.5. Volumen de la corteza drenada	13
2.6. Pendiente	13
2.7 Fisiología del derrame	14
2.8 El derrame de látex	15
2.8.1 El motor del derrame: La presión de turgencia	15
2.8.2 La cinética del derrame	15
2.8.3 Las causas del cese del derrame	17
2.8.3.1 Índice de obstrucción	17
2.8.3.2 Los factores externos que actúan sobre el derrame	17
2.9 Características del clon RRIM 901	18
2.9.1 Aspectos clónales	18
2.10 Precios internacionales y proyecciones	19
3. MARCO REFERENCIAL	20
3.1 Ubicación geográfica	20
3.1.1 Localización	20
3.1.2 Colindancias	20
3.1.3 Vías de acceso y distancias	20
3.2 Características biofísicas	21
3.2.1 Clima	21
3.2.1.1 Altitud	21
3.2.1.2 Temperatura	21
3.2.1.3 Precipitación pluvial	21
3.2.1.4 Humedad relativa	21
3.2.2 Suelos	22
3.2.2.1 Fisiografía y topografía	22
3.2.2.2. Características edáficas	22
4. METODOLOGÍA	22
4.1. Recursos	22
4.1.2. Recursos humanos	22
4.1.2 Recursos físicos	22
4.1.3 Recursos económicos	23
4.2. Descripción de la investigación	23

4.2.1. Descripción del diseño experimental	24
4.2.2. Dimensiones del experimento	24
4.2.2.1 Unidad total del experimento	24
4.2.2.2 Repeticiones	24
4.2.2.3 Tamaño de la muestra	24
4.2.2.4 Tratamientos	24
4.2.2.5 Tamaño de los tratamientos	24
4.2.2.6 Descripción de los tratamientos	25
4.3 Descripción de las variables de respuesta	26
4.3.1 Producción de kilogramos húmedos de látex	26
4.2.2 Derrames de látex	26
4.4. Análisis estadístico de las variables	26
4.5. Descripción del manejo agronómico	26
4.5.1 Pica	26
4.5.2 Recolección de látex	27
4.5.3 Control de malezas	27
4.5.4 Control de enfermedades	28
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	28
5.1 Resultados de la producción de kilogramos húmedos de látex	28
5.1.1 Producción de kilogramos húmedos de látex por árbol	28
5.1.2 Análisis sobre las diferencias de las medias de la producción en los tres ángulos	30
6. CONCLUSIONES	33
7. RECOMENDACIONES	34
8. BIBLIOGRAFÍA	35
9. ANEXOS	37

INDICE DE CUADROS

No.	CONTENIDO	PÁGINA
1	Potencial de producción expresado en kilogramos de hule seco por árbol por año del Clon RRIM 901	18
2.	Exportaciones de hule de Guatemala, Periodo 2006-2011, Millones de US Dólares	20
3	Sistema de explotación utilizado en la evaluación	27
4	Control de malezas en las huleras de la empresa	27
5.	Promedio kg húmedos/árbol por tratamiento y repetición	29
6.	Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica 30° y 45°	30
7	Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica de 30° y 60°	31
8	Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica de 45° y 60°	32

INDICE DE FIGURAS

No.	CONTENIDO	PÁGINA
1	Precio de kilogramos de hule seco del año 2011	19
2	Los tres ángulos de inclinación en el corte de pica	25
3	Producción promedio por árbol de kilogramos húmedos de látex por ángulo de inclinación en el corte de pica	30

INDICE DE ANEXOS

No.	CONTENIDO	PÁGINA
1	Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 30°	37
2	Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 45°	37
3	Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 60°	38
4	Presupuesto del experimento	38
5	Kilogramos húmedos de látex por repeticiones por tratamiento	39

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. ubicada en el Municipio de Santa Bárbara del Departamento de Suchitepéquez, y en la que se evaluaron 3 ángulos (30°, 45° y 60°) de inclinación en el corte de pica para determinar la producción de látex, los tres en un sistema $\frac{1}{4}$ espiral con orientación descendente a una frecuencia de pica de cuatro días. Para lograr establecer si existe diferencia significativa entre los tratamientos se utilizó un diseño experimental de comparación de medias independientes de distribución t student, con 13 repeticiones, cada día de pica fue una repetición en el ensayo. Cada unidad experimental consistió en 200 árboles de hule del clon RRIM 901. Estos tratamientos estuvieron sujetos a evaluación de campo durante 2 meses, de agosto a septiembre. Los datos se recolectaron del campo a una frecuencia de 4 días.

Los objetivos de la investigación fueron: evaluar los ángulos de pica de 30°, 45° y 60° en el cultivo de hule *hevea brasiliensis* sobre la producción de látex del clon RRIM 901 bajo las condiciones de la finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez, determinar qué ángulo de pica presenta la mayor producción de Kilogramos Húmedos de Látex y determinar qué ángulo de pica provoca la menor cantidad de derrame en los árboles

De los resultados obtenidos, según el análisis estadístico al realizar la pica con un ángulo de 45° de inclinación la producción se incrementa en un 5% que cuando se hace con un ángulo de 30° de inclinación en el corte de pica. Cuando la pica se realiza con un ángulo de 60° de inclinación la producción aumenta 10% más que cuando el ángulo es de 45° de inclinación en el corte de pica y 15% más cuando el ángulo es de 30° de inclinación en el corte de pica. Por lo cual se llegó a la conclusión que efectivamente que con el incremento en la inclinación del corte de pica aumenta la producción de kilogramos húmedos de látex.

1. INTRODUCCION

El hule (*Hevea brasiliensis*), es originario de Sur América, es cultivado en países tropicales húmedos para la producción de látex, con el cual se fabrican distintos productos, cuyas cualidades son únicas. El cultivo del hule genera ingresos constantes a diferencia de otros cultivos tropicales de producción estacional.

Una de las fases más importantes del desarrollo de este cultivo es su explotación, en la cual, alcanzado su óptimo grado de madurez, se extrae la resina (LATEX), que es la materia prima en su estado natural. La calidad de pica tiene consecuencias importantes: una buena calidad de pica puede multiplicar por tres la rentabilidad de una hulera, comparada a la calidad de una pica muy deficiente. Calidad de pica implica productividad. (4).

La Finca Panamá, perteneciente a Agropecuaria Atitlán S.A. cuenta con aproximadamente 470 Ha de cultivo de hule de las cuales 113 Ha pertenecen al clon RRIM 901 (24%). Dicho clon presenta un metabolismo alto, esto significa que su respuesta a la pica es alta. Durante la época de lluvia el cultivo de hule tiene la cualidad que incrementa su producción (proporcional al régimen lluvioso). En el clon RRIM 901 se da el problema de un elevado goteo de látex a la hora de la pica durante la época lluviosa, esto crea el problema que ocasiona derrames de látex fuera de la taza recolectora.

Para el año 2011 la administración de la Finca Panamá de la empresa Agropecuaria Atitlán S.A., tomó la decisión de aumentar el ángulo de inclinación en el corte de pica de 30° a 60° del clon RRIM 901 en la pica descendente durante la época de lluvia, que fue de los meses de Mayo a Septiembre cuando se presenta la mayor distribución de ellas. El cambio en el ángulo se realizó con dos finalidades, la primera fue evitar o disminuir los derrames fuera de la tasa recolectora, provocados por la coagulación rápida del látex en el panel de pica cuando existe aplicación de estimulante y la

segunda, fue la de elevar la producción de látex por unidad de área, ya que con mayor inclinación del ángulo en el corte de pica existe mayor número de vasos laticíferos expuestos a segregar el látex. Dicho cambio en el ángulo del corte de pica se realizó para mejorar las condiciones anteriores y debido también a los altos precios del látex en el mercado internacional, ya que estos se habían incrementado en un 46% en relación al año 2010; según Agropecuaria Atitlán los precios promedios del año 2010 fueron de Q.21.20 y del año 2011 fueron de Q. 31.02 por kilogramo.

La Gremial de Huleros de Guatemala, indica que la pica descendente en el ángulo de inclinación debe ser entre 30° y 35°, y que ángulos mayores conducen a pérdidas de corteza innecesarias y que entre ángulos de 30° y 45° no hay diferencias en su producción.

Al ver la situación anterior en la toma de decisiones de Agropecuaria Atitlán S.A. y las recomendaciones de la Gremial de Huleros de Guatemala, se decidió realizar la evaluación de 3 ángulos (30°, 45° y 60°) en el corte de pica descendente del clon RRIM 901 con un sistema de pica de ¼ de espiral a cada 4 días. Para dicha evaluación se tomó como variable de respuesta la producción de kilogramos húmedos de látex promedio por árbol; se trabajaron 13 observaciones de cada tratamiento (ángulo de pica) y cada tratamiento consistió en 200 árboles. Para el análisis de la información se procedió a realizar un análisis de medias independientes, comparando ángulo de 30° con ángulo de 45°, ángulo de 30° con ángulo de 60° y ángulo de 45° con ángulo de 60°.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. GENERAL

- Evaluar los ángulos de inclinación en el corte de pica de 30°, 45° y 60° en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), para determinar la producción de látex del clon RRIM 901 bajo las condiciones de la finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez.

1.1.2. ESPECIFICOS

- Determinar qué ángulo de inclinación en el corte de pica presenta la mayor producción de kilogramos húmedos de látex de hule (*Hevea brasiliensis*) del clon RRIM 901.
- Determinar qué ángulo de inclinación en el corte de pica provoca la menor cantidad de derrames de látex fuera de la tasa recolectora en los árboles de hule (*Hevea brasiliensis* Muell).

1.2. HIPOTESIS

1.2.1. Hipótesis Nula (Ho)

1. La pica con un ángulo de 30° de inclinación tendrá una producción similar de kilogramos húmedos de látex por árbol de hule que la pica a 45° y 60° de inclinación.

1.2.2. Hipótesis Alternativa (Ha)

1. La pica con un ángulo de 45° de inclinación, estimulará una mayor producción de kilogramos húmedos de látex por árbol de hule comparado con la pica en un ángulo de 30° de inclinación.
2. La pica con un ángulo de 60° de inclinación, estimulará una mayor producción de kilogramos húmedos de látex por árbol de hule comparado con la pica en un ángulo de 30° y de 45° de inclinación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características del *Hevea brasiliensis*

El hule es originario del Brasil y países circunvecinos. Pertenece a la familia de las Euphorbiaceas y al género *Hevea*, siendo *Hevea brasiliensis* la especie más importante en el aspecto económico. (1).

El cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*) muestra una tendencia creciente, tanto en Guatemala como a nivel mundial, lo cual se observa en la variedad de productos elaborados a partir de esta materia prima, la diversificación de los mercados y el establecimiento de plantas procesadoras, que utilizan la más moderna tecnología.

En Guatemala existen 546 plantaciones en una superficie de 63,488 hectáreas, con una producción de 48,000 toneladas métricas de hule natural y una población de 25.3 millones árboles. El 87% de las fincas se localizan en el litoral del pacífico (distribuidas en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Chimaltenango y Santa Rosa). El 13% restante en la zona norte y atlántica del país que corresponde a los departamentos de Izabal, Alta Verapaz, Quiché y Petén. El 67% del cultivo se encuentra en etapa de producción y 33% en crecimiento. (5)

Una de las peculiaridades de este cultivo, es el periodo de maduración que es necesario para iniciar su explotación (pica), el cual llega a partir de los 7 años, cuando el grosor del tronco ha alcanzado un diámetro de 12.7 cm. De aquí deriva el hecho de que la decisión de dedicarse al cultivo, implica una programación de mediano a largo plazo, lo cual es aplicable a los aspectos de financiamiento (largo plazo), programación del cultivo, intercalar otros productos (maíz y frijol), y preparación del personal para los cuidados culturales y su posterior explotación. Por ello existe la percepción de que solamente pueden dedicarse al cultivo grandes inversionistas. (9)

Aunque esto es correcto desde el punto de vista de las explotaciones grandes, no lo es desde el punto de vista de las pequeñas empresas agrícolas, que perfectamente pueden dedicarse al cultivo con adecuados programas de asistencia técnica y financiera, como sucede en las grandes potencias productoras de hule en el mundo.

Según la Gremial de Huleros de Guatemala, se dispone de información económica para demostrar que un pequeño agricultor que posee 2.5 hectáreas de tierra, puede perfectamente sembrar hule, intercalar un cultivo básico durante el periodo de maduración, dedicar uno o dos miembros de la familia cuando se inicie el periodo de explotación y posteriormente, tomar la decisión de dedicarse únicamente al cultivo del hule. (5)

2.2. Morfología y fisiología del Hevea brasiliensis

2.2.1. Corteza

La raíz, el tallo y ramas del árbol de hule están revestidos por una piel natural llamada corteza, la cual consta de corteza exterior, corteza media y cámbium. (5)

La corteza exterior sirve para proteger sus tejidos internos; la corteza media contiene los vasos laticíferos que están colocados en forma oblicua por todo el tallo del árbol conectados entre sí por canales o conductos horizontales a través de los cuales se conduce látex.

La red de vasos o tubos laticíferos es mayor en la medida que se acerca al cámbium. El cámbium se encuentra entre la madera y la corteza media y su función principal es aumentar el grosor del tallo, mediante la formación de madera y córtex. Además, actúa como tejido generador de nueva corteza cuando se provocan heridas con la cuchilla de pica. El cámbium es una capa ligosa de color claro que está cubriendo la madera del árbol, es tan delicada que si se hiere o

lastima puede provocar la muerte del árbol por ahorcamiento, por lo que se debe tener especial cuidado de no lastimarla con la labor de pica. (10)

2.2.2. Principales tejidos atípicos

Existen dentro de las células del Hevea varios tejidos como el tejido corchoso, cámbium del tejido corchoso, felodermo, células del parénquima, células rígidas, Ajos medulares, vasos laticíferos y conductores de savia.

2.2.2.1. Laticíferos

El árbol de Hevea, en su desarrollo forma laticíferos que contienen látex. Una red de tubos intercalados entre el parénquima del floema, constituye el sistema de laticíferos en la planta. El citoplasma de los laticíferos está especializado, contiene varias sustancias ergásticas, y las células articuladas son multinucleadas.

Los vasos laticíferos se pueden descubrir fácilmente por sus característicos contenidos granulares, y por la ausencia de granos de aleurona. El ritmo de desarrollo de vasos laticíferos en cada tejido está determinado por el ritmo de desarrollo del tejido de las plantas progenitoras.

2.2.3. Fisiología del látex de hule natural

El *Hevea brasiliensis* es la fuente de látex natural. Este látex es sintetizado en una cadena de anillos laticíferos organizada como un sistema paracirculatorio en la corteza del árbol, de donde es colectada por incisiones periódicas llamadas "pica". El látex es el citoplasma de la célula laticífera, su composición órgano mineral tiene la forma del citoplasma de una célula ordinaria; excepto que contiene de 30% a 45% de hule y que el núcleo y la mitocondria no son expulsadas durante la pica.

Sin embargo; el propósito del metabolismo de esta célula es la conversión de azúcar (sacarosa) en cis-poliisopreno y la mayor parte de las enzimas envueltas en este proceso se localizan en el citosol con muchas otras proteínas. A diferencia de las células de la mayoría de las plantas, las células que forman los vasos laticíferos no tienen vacuolas grandes, sino un gran número de micro vacuolas de lisosoma llamadas “lutoides”; además para los solutos orgánicos y minerales de bajo peso molecular que son acumulados por transporte activo, los lutoides contienen una gran cantidad de proteínas aniónicas y catiónicas. (10)

2.2.4. El sistema laticífero del Hevea

Los tejidos laticíferos se encuentran en todas las partes de los árboles de Hevea, desde la raíz hasta las hojas y se explota en el tronco por razones de conveniencia.

Los laticíferos están articulados y organizados como un sistema paracirculatorio. El cámbium constantemente crea una capa mono celular que se convierte en un manto laticífero. Las células de las que se forman los laticíferos, se diferencian rápidamente produciéndose una anastomosis que conduce a formar un tejido continuo especializado llamado “syncytial” en la cual el cis-poliisopreno rápidamente se convierte en el objetivo del metabolismo general. Debe hacerse notar que no hay relación entre dos mantos laticíferos sucesivos en la corteza de los árboles.

Las medidas micrométricas han demostrado que la presión de turgencia en los mantos laticíferos alcanzan 0.9 a 1.5 Milipascales. Esta es la razón por la que su contenido (látex) es expulsado cuando la corteza se corta con una cuchilla. La naturaleza paracirculatoria de los mantos laticíferos permite un flujo continuo y una gran cantidad de látex (50 a 500 ml dependiendo de las condiciones) puede ser colectado por árbol y por pica.

Luego de un tiempo variable, el látex se coagula en el corte de pica y bloquea la herida. El sistema laticífero luego regenera el material celular perdido, antes de la próxima pica, en donde la herida es nuevamente abierta. (10)

2.2.5. Fisiología de la producción de látex

2.2.5.1. El látex

El látex es un líquido lechoso que tiene en suspensión infinidad de microscópicas partículas sólidas.

En su mayor parte el látex es agua, conteniendo en suspensión pequeños glóbulos de hule que pueden representar desde el 25 % al 45% del peso total.

El látex es una emulsión de color blanco constituida por los siguientes elementos:

- Agua: Alrededor de un 60% en volumen de látex fresco.

- Minerales:
 - Nitrógeno: 0.26%
 - Fósforo: 0.005%
 - Potasio: 0.17%
 - Calcio: 0.003%
 - Magnesio: 0.005%
 - Hierro, manganeso, cobre, zinc y rubidio: en leves cantidades.

- Elementos orgánicos:
 - Carbohidratos
 - Ácido cítrico
 - Ácido glutámico
 - Ácido aspártico, glutatión

Cisteína
Ácido ascórbico
Compuestos fenólicos y proteínas
Triglicéridos
Esteroles

- Partículas de caucho: 25% a 45% en volumen de látex fresco o 90% en materia seca.
- Lutoides: 10% al 20% en volumen de látex fresco.
- Partículas de Frey Wyssling: 5% en volumen de látex fresco

Se cree que la función del látex es la de protección al tallo de organismos externos o una fuente de almacenamiento de sustancias útiles al árbol en condiciones adversas. Debido a su composición está perfectamente adaptado a la coagulación, la cual detiene su flujo a partir de una herida, obstruyéndola.

El tejido laticífero se encuentra en cualquier parte del árbol desde las hojas hasta la raíz y está orientado metabólicamente en un 90% a la síntesis de caucho. (10)

2.3 Definición de la pica

La pica consiste en efectuar una herida llamada corte en la corteza del árbol. Esta operación se repite a lo largo del año con una frecuencia característica del sistema de pica. La incisión de los vasos permite el derrame de látex hacia el exterior.

Con la pica se inicia el proceso de regeneración de látex a nivel de los vasos laticíferos. Las picas sucesivas son responsables del acostumbramiento de la zona próxima al corte en regenerar látex. Este acostumbramiento se llama “respuesta a la pica”. El hombre interviene directamente en esta operación

repetitiva durante todo el periodo de explotación del árbol. Puede modificar en todo momento las características de esta pica con el fin de rentabilizar las plantaciones de manera óptima.

El látex, contenido celular en el cual se encuentra el hule, posee la particularidad de regenerarse; se regenera dentro del sistema laticífero. El hevea se distingue de la mayoría de los cultivos en el hecho de que en éstos se cosechan elementos de la planta (frutos, semillas, órganos vegetativos, etc.) o bien su totalidad, mientras que en el hevea, el látex se sitúa en una red de vasos laticíferos que se comunican más o menos entre ellos. (8)

2.3.1. La pica descendente y la inclinación en el corte de pica.

En este tema la recomendación de Gremial de Huleros de Guatemala es que:

- La Pica Descendente debe realizarse con un ángulo inclinación de 30° a 35° de izquierda a derecha; una inclinación mayor del ángulo conduce a pérdidas innecesarias de corteza”.

En Brasil, el lugar de origen del hule, los cortes de pica se realizaban con machete y dañando la madera de los árboles, lo que producía crecimientos anormales de corteza (nudos) y mala regeneración.

Los primeros experimentos de una pica sostenible a largo plazo se realizaron en Singapur y Malasia de 1876 a 1887, en donde se determinó la pica continua sobre el mismo corte, la profundidad del corte, para no dañar la madera, y la intensidad.

El ángulo del corte de pica se inició a estudiar en 1916 cuando se determinó que la producción se incrementaba cuando el corte se realizaba de izquierda a derecha, pues la producción era en promedio 9% más, que si el corte se realiza de derecha a izquierda.

El Instituto RRIM de Malasia en su libro Pica y Sistemas de Pica y Estimulación de 1980 (Tapping, Tapping Systes and Yield Stimulation of Hevea) (7) recomienda “el ángulo del corte de pica en la pica descendente debe ser con una inclinación de 30°”.

El ángulo de 30° permite un flujo adecuado del látex sobre el canal de escurrimiento a la taza de recolección, pues no existe diferencia en la producción obtenida utilizando un ángulo de corte desde 25° a 45°.

La utilización de un ángulo mayor a 30° solamente conduce a un mayor consumo de corteza sin incrementos de producción; por lo que no es recomendable incrementar el ángulo del corte en las plantaciones con árboles de hule para obtener una mayor producción de látex, ya que el objetivo del ángulo, es únicamente permitir el escurrimiento hacia la taza recolectora. (7)

En el caso de la Pica Inversa, la corteza es desgastada hacia arriba y no hay un canal de corteza para el escurrimiento del látex. Por tal razón, el ángulo del corte de pica debe incrementarse a 45°, no con el fin de incrementar producción, sino para evitar derrames de látex sobre la corteza desgastada del árbol y a pesar de las pérdidas de corteza por el mayor consumo.

En relación al ángulo del corte de pica existen ligeras modificaciones en cuanto a condiciones específicas para algunos clones y áreas del país, por lo cual, alguna recomendación final puede ser definida para las condiciones específicas de cada finca por el departamento técnico de la Gremial de Huleros. (7)

2.4 Factores de rendimiento

La producción de hule depende por una parte de la cantidad de látex producida por pica y del porcentaje de hule contenido en el látex, y por otra parte de la capacidad del árbol de regenerar el látex entre dos picas consecutivas. Pero estos

comportamientos varían para un material vegetal específico, explotado en ciertas condiciones en función del tamaño de los árboles y su edad.

2.5. Volumen de la corteza drenada

La importancia del derrame de látex depende del área drenada y del número de vasos laticíferos involucrados en la producción, es decir el espesor de la corteza incisa y de la superficie afectada por la incisión.

Este volumen drenado constituye la zona productiva del árbol y en la cual se regenera el látex. Numerosos parámetros lo condicionan: la profundidad, la longitud, la pendiente, la localización en el tablero, el número de cortes abiertos en un mismo árbol y por fin, el sentido en el cual se incisa la corteza en el momento de cada pica (lo más usual es para abajo pero también se efectúan picas inversas). La definición de todos estos parámetros tiene que hacerse considerando las frecuencias de pica y de estimulación con el fin de obtener el equilibrio fisiológico del árbol en el mantenimiento de la mejor producción. (8)

2.6. Pendiente

Los conductos de savia de un tronco no son verticales sino tienen forma de espiral, el ángulo de los vasos está, en la mayoría de los casos, inclinado hacia la derecha yendo de abajo para arriba, pero esto no es sistemático.

Por lo tanto, el corte que de todas maneras debe ser inclinado para permitir la obtención de látex, estará orientado de manera que capte una máximo de látex. En la práctica todos los cortes se asimilan a un inicio de hélice, subiendo de derecha a izquierda, a la inversa de la dirección más frecuente del sistema vascular. Según su longitud, la espiral del corte se extiende en toda o parte de la circunferencia del tronco. Observaciones han demostrado que el aumento de la

pendiente favorece la producción. Observaciones ya antiguas han demostrado que el aumento de la pendiente favorece la producción.

2.7 Fisiología del derrame

Hemos observado anteriormente que el sistema laticífero del hevea, situado en la parte más interna de la corteza, está constituido por tubos productores de látex unidos unos a otros (anastomosados) para formar mantos concéntricos. Resulta que una herida en la corteza implica la sección de un número más o menos importante de mantos laticíferos y el derrame de látex en numerosos vasos. Esta disposición de los laticíferos en el hevea, en el caso de una herida importante, podría permitir en teoría un drenaje extremadamente importante del sistema laticífero.

En realidad, cuando se pica por primera vez una corteza de hevea, se obtiene una baja cantidad de un látex muy inestable. Las picas repetidas permiten cosechar una mayor cantidad de un látex más estable. El hevea responde a la pica. Esto significa que la función laticífera es exaltada por la pica, que la composición órgano-mineral y la estabilidad coloidal evolucionaron en un sentido favorable una prolongación de la duración del derrame y, por lo tanto, a un aumento en la producción.

Muy rápidamente ha sido mostrado que la producción de látex después de una pica depende ante todo de la duración del derrame de este látex. En segundo lugar, sin embargo, la regeneración del contenido de los laticíferos entre dos picas podrá limitar a su vez la cantidad de látex recolectado. El derrame y la regeneración constituyen dos de los factores limitantes más importantes de la producción del hevea. (8)

2.8 El derrame de látex

2.8.1. El motor del derrame: La presión de turgencia

En los vegetales, la turgencia es responsable del porte erguido de los tallos, de las hojas y de los órganos no lignificados en general. La turgencia se debe al hecho que los líquidos celulares contienen iones y moléculas disueltas que atraen las moléculas de agua por un fenómeno osmótico. Sigue luego un inflamamiento de los tejidos. Esta turgencia se opone a la resistencia mecánica de las paredes celulares, las cuales presentan cierta elasticidad. (2)

En el hevea, la turgencia de los tejidos de la corteza blanda (líber, vasos laticíferos, y tejidos parenquimatosos), hace que “la apertura” de los tubos laticíferos conlleve, por un fenómeno de distensión elástica, la expulsión de una parte de látex que contienen. Esta turgencia constituye por lo tanto el motor del derrame de látex, después del corte de pica efectuado por el picador. El valor de la presión de turgencia en los laticíferos fue cifrado por S.G. BOATMAN mediante micromanómetros entre ocho y quince atmosferas. Estos valores dependen del balance hídrico del árbol, y se nota habitualmente su disminución diurna y su restablecimiento nocturno. (2)

2.8.2. La cinética del derrame

A FREY-WYSSILING, realizó los primeros estudios detallados sobre el derrame de látex, apoyándose en la ley de POISEUILLE. La aplicación de esta fórmula parece ser muy teórica, ya que es un líquido biológico complejo cuya composición y propiedades varían durante el derrame. O. DE VRIES, desde 1919, mostró la variación de la viscosidad del látex en función de su contenido en caucho y G.E.VAN GILS notaba en 1951, que un aumento del 10% del contenido en caucho del látex, duplicaba la viscosidad del mismo látex. (8)

Si representamos en un gráfico la velocidad del derrame en función del tiempo, se obtienen curvas de forma hiperbólica. Diversas transformaciones matemáticas han sido propuestas para obtener líneas rectas o fragmentos de línea recta. Asimismo, E.C. PAARDEKOOOPER Y S. SOMORSON se refieren en particular a la ley exponencial que se encuentra en muchos procesos físicos y que se expresa habitualmente de la manera siguiente:

$$y = b.e^{-at}$$

y = velocidad de derrame en tiempo t,

b = velocidad inicial del derrame

a = una constante de derrame

C. LIORET y COL. proponen la representación de $1/V$ en función del tiempo. Esta permite representar un primer segmento de recta, correspondiente a un tiempo breve, y al fenómeno de relajación elástica cuyo motor es el gradiente de presión, entre la extremidad abierta de los vasos y los tejidos de la corteza blanda. Esta primera fase puede revelarse realizando mediciones muy precisas sobre la disminución del diámetro del tronco de un dendrómetro, lo cual ha sido mostrado por numerosos autores. Esta contracción varía de 20 a 70 μ m en las cercanías inmediatas del corte de pica. (8)

En una segunda fase, la velocidad de derrame disminuye más lentamente en función del tiempo. Dos fenómenos antagonistas parecen ser los responsables. El primero es la llegada a los laticíferos de material (agua + solubles) provenientes de las células vecinas; este primer fenómeno mantiene una gradiente de turgencia y es favorable a la prosecución del derrame. El segundo fenómeno consiste en una obturación progresiva de la extremidad abierta de los laticíferos que implica la reducción y luego el cese total del derrame. (8)

2.8.3. Las causas del cese del derrame

La causa principal del cese del derrame es la obturación de la extremidad abierta de los laticíferos. Fue evidenciada por W.A.SOUTHORN, al observar por microscopio secciones de corteza en la zona del corte de pica. Los vasos laticíferos contienen en su extremidad abierta tapones de látex coagulado y lutoides dañados. Estos tapones son distintos de los coágulos que coronan la extremidad de los vasos. (8)

2.8.3.1. Índice de obstrucción

Velocidad promedio de derrame

$$a = \frac{\text{durante los cinco primeros minutos (ml/mn)}}{\text{Volumen total derramado (ml)}}$$

Entre más elevado sea el factor del índice de obstrucción, el derrame (su bajo nivel) será un factor más limitante de la producción. Estos autores pudieron establecer correlaciones significativas entre el índice de obstrucción, y la producción entre los clones diferentes, y en casos limitados, entre los árboles de un mismo clon. (8)

2.8.3.2. Los factores externos que actúan sobre el derrame

Es conocido desde hace tiempo que el látex es más inestable en los días de lluvia. Esto condujo J.B. GOMEZ a mostrar que la corteza secreta sustancias desestabilizadoras (taninos, polifenoles....) que exudan de la corteza entallada después del corte de pica, y que podrían jugar un papel en la formación de las cofias de coágulo.

Los factores climáticos y más generalmente ecofisiológicos intervienen directamente en la productividad del hevea; esencialmente en el momento de la fase lenta del derrame correspondiente al aporte de nuevas moléculas de agua (y

de disolución) en los vasos laticíferos. F. NINANE pudo establecer una fórmula que tomaba en cuenta en particular el déficit de saturación de agua del aire y la velocidad del viento, para prever la influencia de la hora de la pica y de los diferentes periodos climáticos sobre la duración del derrame de látex, y por ende, sobre la producción. Está claro que con déficits importantes de saturación en agua del aire, y con velocidades del viento elevadas, se obtendrá una transpiración foliar bastante elevada, una mejor realimentación en agua de los laticíferos en el momento de la pica, y por lo tanto una duración de derrame limitada. (8)

2.9 Características del clon RRIM 901

Este clon es producto del cruce de PB 5/51 con RRIM 600. Es originario de Malasia. Es un clon de crecimiento y desarrollo rápido en sus primeros 6 años, es muy productivo pero muy delicado, tiene un tiempo de vida útil corto.

Ejemplo: un árbol de hule produce en toda su vida aproximadamente 1,200 kilos de hule seco, esta producción a lo largo de 30 – 32 años, el RRIM 901 produce la misma cantidad pero en 15 – 20 años máximo y luego se seca. (3)

2.9.1. Aspectos clónales

- Producción media en kilogramos de hule seco por árbol: **5.5**
- Producción media en kilogramos de hule seco por hectárea: 1,747
- Incidencia de corte seco: 2% por año (acumulado)
- Reservas de azúcar: Bajas
- Metabolismo: Muy Rápido

CUADRO 1. Potencial de producción expresado en kilogramos de hule seco por árbol, por año del clon RRIM 901

EDAD DE LA PLANTACIÓN																			
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.5	3.3	5.3	6.9	6.1	6.3	7.5	6.8	5.3	6.0	5.5	5.4	4.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5

Fuente: (GREMHULE 2010) (6)

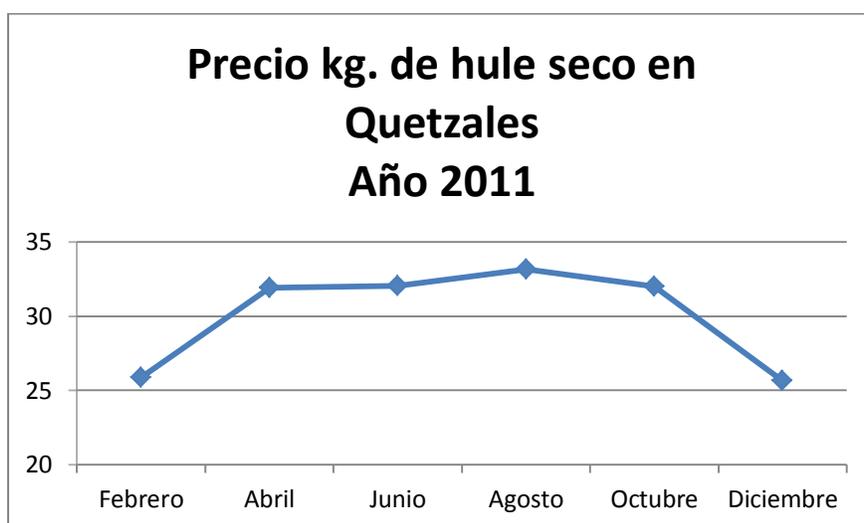
2.10 Precios internacionales y proyecciones.

La principal característica de los precios internacionales del caucho o hule es su alta volatilidad, lo que se debe, principalmente, a las características particulares de su oferta y demanda en el mercado internacional, ya que estas están altamente concentradas en unos pocos países: 85% de la oferta en tres países (Tailandia, Malasia e Indonesia) y más del 60 % de la demanda en cuatro países (China, Estados Unidos, Japón y Corea)

En el caso del hule natural, cabe añadir que los precios están estrechamente ligados a los del caucho sintético y por ende, a los precios internacionales del petróleo, de donde se deriva este último.

En la última década, el consumo mundial de hule tuvo un rápido crecimiento, ocasionando un déficit en el suministro de hule natural a partir del año 2005, lo que provocó que en su momento, los precios se triplicaran en los últimos cuatro años, alcanzando precios históricos que han sobrepasado \$3.00 por kilo. (3).

FIGURA 1. Precio de kilogramos de hule seco del año 2011.



Fuente: Finca Panamá, Agropecuaria Atilán S.A.

CUADRO 2. Exportaciones de hule de Guatemala, periodo 2006-2011. Millones de U.S. Dólares

Concepto	2006	2007	2008	2009	2010¹	2011¹
Caucho natural (hule)	121.00	153.30	200.80	136.70	233.30	397.50

Fuente: Banco de Guatemala

¹ Cifras preliminares

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Ubicación geográfica

3.1.1. Localización

La Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. está localizada al sur de las faldas del volcán Atitlán, se ubica en el Municipio de Santa Bárbara, Departamento de Suchitepéquez, geográficamente entre los meridianos 91°10'42" y 91° 13' 12" longitud oeste y los paralelos 14°31'21" y 14°27'42" latitud norte.

3.1.2. Colindancias

Las colindancias de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. son: al norte con la finca Los Andes y con la Reserva Natural de El Quetzal, de la Universidad del Valle; al sur con la Finca San Agustín; al este con la Finca Tarrales y la Finca San Agustín; al oeste con la Finca San Francisco Miramar y comunidad El Esfuerzo.

3.1.3. Vías de Acceso y distancias

Tomando como referencia la ciudad de Mazatenango, cabecera departamental de Suchitepéquez, con rumbo a la ciudad capital sobre la carretera Panamericana (CA-2), en el Kilómetro 117.5, lugar denominado como "Chipó", se encuentra el cruce, el cual conduce al Municipio de Santa Bárbara a 5.5 Kilómetros de distancia, sobre carretera asfaltada.

Siguiendo rumbo al norte hacia comunidad El Esfuerzo, a una distancia de 12 kilómetros, se llega al casco de la finca, la carretera es de concreto teniendo fácil accesibilidad en todo el año.

3.2. Características Biofísicas.

3.2.1. Clima

3.2.1.1. Altitud

La Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. se encuentra entre los rangos de altitud de 500 hasta los 1000 msnm.

3.2.1.2. Temperatura

La temperatura mínima es de 15.95 °C y la máxima de 32.6 °C.

3.2.1.3. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial promedio anual es de 5,000 mm, presentándose los meses de lluvia, de mayo a octubre. El mes de mayor precipitación es el mes de Septiembre.

3.2.1.4. Humedad relativa

La humedad relativa de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. se encuentra en promedio alrededor del 80%.

3.2.2. Suelos

3.2.2.1. Fisiografía y topografía

La topografía es quebrada en la parte norte, por el drenaje natural y formación de mesetas angostas en las partes altas. En la parte baja se vuelve ondulada plana.

3.2.3. Características edáficas

En la Finca Panamá Agropecuaria Atitlán S.A. el material madre que predomina es de origen volcánico. Los minerales presentes son amorfo (alófana e imogolita) y cristobalita. Los suelos que se desarrollan de estos minerales tienen por lo general condiciones físicas muy buenas.

Los suelos de la Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. se clasifican en suelos del orden andisoles.(2).

4. METODOLOGÍA

4.1. Recursos

4.1.2. Recursos humanos:

- Un trabajador de campo (picador y recolector)
- Personal colaborador de la empresa Agropecuaria Atitlán S.A.

4.1.2 Recursos físicos:

- 1.3 Hectáreas de cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en producción
- Equipo de picador (cuchilla de pica, piedra para afilar cuchilla)
- Recipientes de ½ litro de capacidad

- Ganchos de alambre galvanizado
- Espitas de lámina de 3x6 cms
- Tambos de recolección de látex de 16 Galones
- Balanza digital para determinar el peso de los Kg húmedos de látex
- Tractores para transporte de látex
- Libretas de campo
- Lapiceros
- Calculadora
- Computadora.

4.1.3. Recursos económicos:

Proporcionados por la Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. (Ver anexo 4).

4.2 Descripción de la investigación.

La presente investigación consistió en la evaluación del rendimiento de hule en tres ángulos de pica en un sistema de explotación en un cuarto de espiral con orientación descendente, con una frecuencia de pica a cada cuatro días ($\frac{1}{4}$ S, D/4).

La evaluación se llevó a cabo durante la estación lluviosa, debido a que en esta época existe un incremento en la producción en los árboles de hule por las lluvias constantes y humedad presente en el suelo.

La evaluación tuvo un tiempo de duración de 2 meses, durante la estación lluviosa del año 2011, iniciando con la toma de datos de producción en el mes de agosto y culminando en el mes de septiembre. Los datos se recolectaron del campo a una frecuencia de 4 días.

4.2.1 Descripción del diseño experimental

Para dar respuesta a las hipótesis y a los objetivos planteados en la evaluación se utilizó un diseño experimental de comparación de medias independientes de distribución t student. Se evaluaron 3 ángulos de inclinación en el corte de pica en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), para determinar la producción de látex del clon RRIM 901.

4.2.2. Dimensiones del experimento

4.2.2.1 Unidad total del experimento

Para el experimento se utilizaron un total de 200 árboles de hule por cada ángulo de pica evaluado, siendo un total de 600 árboles, sembrados a una distancia de 2.75 metros entre árbol por 6.6 metros entre surco, haciendo un total de 10,890 metros cuadrados.

4.2.2.2 Repeticiones

Cada tratamiento se dividió en 13 repeticiones.

4.2.2.3 Tamaño de la muestra

Se muestrearon 13 repeticiones, cada repetición consistió en 200 individuos y/o árboles de hule.

4.2.2.4 Tratamientos

Los tratamientos sometidos a evaluación fueron los 3 ángulos de inclinación en el corte de pica, 30°, 45° y 60°.

4.2.5.5 Tamaño de los tratamientos

Cada tratamiento consistió en 200 árboles con un total 3,630 metros cuadrados.

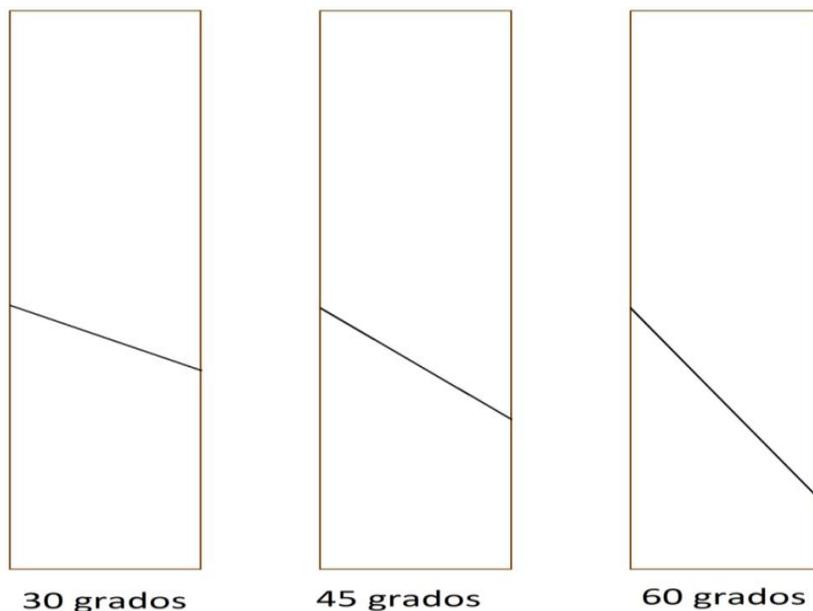
El marco de siembra de la plantación era de 2.75 metros entre planta y 6.6 metros entre surco.

4.2.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron tres ángulos de pica:

- El tratamiento con ángulo de 30 grados con respecto a la horizontal, en sistema $\frac{1}{4}$ espiral con orientación descendente a una frecuencia de pica de cuatro días ($\frac{1}{4}$ S, D/4).
- El tratamiento con ángulo de 45 grados con respecto a la horizontal, en sistema $\frac{1}{4}$ espiral con orientación descendente a una frecuencia de pica de cuatro días ($\frac{1}{4}$ S, D/4).
- El tratamiento con ángulo de 60 grados con respecto a la horizontal, en sistema $\frac{1}{4}$ espiral con orientación descendente a una frecuencia de pica de cuatro días ($\frac{1}{4}$ S, D/4).

Figura 2. Los tres ángulos de inclinación en el corte de pica



4.3 Descripción de las variables de respuesta

4.3.1 Producción de Kilos húmedos de látex

Para determinar la producción de kilogramos húmedos de látex se procedió a recolectar el látex de cada tratamiento en el día de pica correspondiente, en tambos de 16 galones, los cuales fueron llevados al beneficio de látex de la finca para poder determinar su peso en kilogramos húmedos.

4.3.2 Derrames de látex

Para determinar esta variable se procedió a observar el número de árboles que presentaron derrames de látex ocasionados por coagulación en cada tratamiento. Esta variable no se presentó en ningún tratamiento ya que por situaciones administrativas de la finca no se realizó ninguna estimulación (aplicación de estimulante para incrementar producción) debido al alto metabolismo del clon y las pérdidas y complicaciones que ocasiona esta actividad en la sostenibilidad del cultivo.

4.4 Análisis estadístico de variables

Para el análisis de los datos de producción de kilogramos húmedos de látex de los 3 ángulos de pica evaluados en el ensayo, se procedió a someterlos a una prueba de medias independientes con varianzas desconocidas, comparadas a través de la distribución de "t" student.

4.5 Descripción del manejo agronómico

4.5.1 Pica

Esta técnica se realizó empleando un picador, que utilizaba una cuchilla de pica.

La plantación del lote molinillo con clon RRIM 901 se explota bajo el sistema que a continuación se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO 3. Sistema de explotación utilizado

SIMBOLO	SIGNIFICADO
¼S	Cuarto de espiral
D4	Pica cada 4 días
↘	Descendente

Fuente: El autor (2012)

El horario de pica durante los 2 meses de evaluación dio inicio a las 4:30 am y finalizó a las 9:00 am, tomando en cuenta que durante las primeras horas de la mañana, las condiciones de poca luminosidad y temperatura fresca provocan que los vasos laticíferos se aperturen y haya una mejor fluidez de látex sobre la tasa recolectora.

4.5.2 Recolección de látex

La recolección del látex de la tasa recolectora, se realizaba después de 3 horas de picar el árbol. Luego se procedía al transporte que se realizó en recipientes de 60.56 litros (16 gl), de capacidad, por medio de un carretón hasta la procesadora de hule.

4.5.3 Control de malezas

CUADRO 4. Control de malezas en las huleras de la empresa.

TIPO DE CONTROL	APLICACIÓN
Control Químico	Glifosato + Metsulfuron Methil al surco con frecuencia de 60 días.
Control Mecánico	En las calles de los surcos se pasa la chapeadora con frecuencia de 90 días

Fuente: El autor (2012)

4.5.4 Control de enfermedades

Durante la época de lluvia se hacen aplicaciones de fungicidas al panel de pica con una frecuencia de 4 días, con el fin de prevenir y/o controlar según sea el caso enfermedades del panel de pica. Para tal caso se utilizan fungicidas sistémicos y de contacto alternando moléculas cada 4 aplicaciones.

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de concluida la investigación, y para dar respuesta a las hipótesis planteadas se presentan los datos del rendimiento en kilogramos húmedos de látex de los ángulos de inclinación en el corte de pica en evaluación (30°, 45° y 60°) del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en la Finca Panamá, Municipio de Santa Bárbara, Suchitepéquez; con base a la metodología propuesta se dan a conocer los datos obtenidos.

5.1 Resultados de la producción de kilogramos húmedos de látex

Se analizaron en principio el total de los datos por cada tratamiento evaluado, en los meses en que se realizó la investigación, posteriormente y con el objetivo de profundizar, se analizaron los datos de cada tratamiento evaluado por árbol, dando como resultado lo siguiente:

5.1.1 Producción de kilogramos húmedos de látex por árbol

En el cuadro 5, se muestran las producciones promedio para cada repetición en cada tratamiento de los kilogramos húmedos de látex por árbol durante los dos meses en que duró la investigación. Los datos presentados muestran que al realizar la pica con un ángulo de inclinación en el corte de pica de 45° la producción se incrementa en un 5% que cuando se hace a 30° de inclinación en el corte de pica. Cuando la pica se realiza en 60° de inclinación en el corte de pica la producción aumenta 10% más que cuando el ángulo es de 45° de inclinación en el corte de pica y 15% más cuando el ángulo es de 30° de inclinación en el corte de pica.

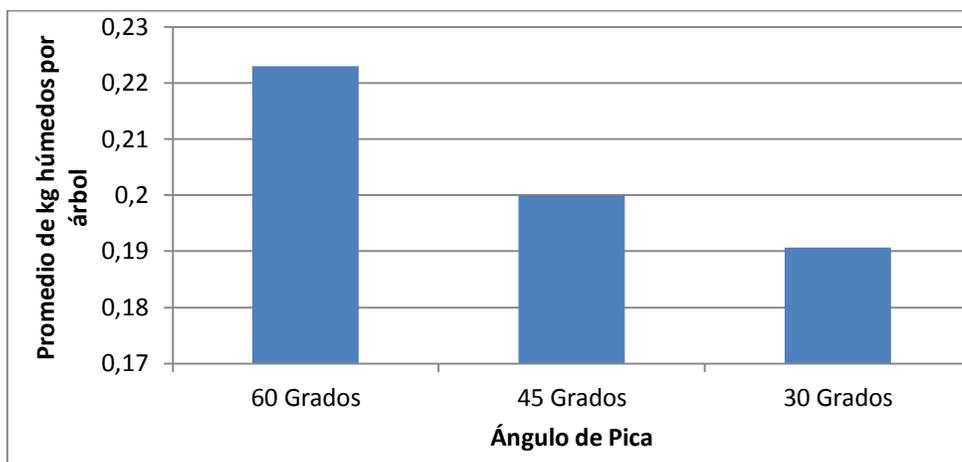
CUADRO 5. Producciones promedio para cada repetición en cada tratamiento por árbol de hule clon RRIM 901

Repetición	Promedio Kgs húmedos/árbol por tratamiento y repetición		
	30 Grados	45 Grados	60 Grados
1	0.15	0.16	0.19
2	0.19	0.18	0.20
3	0.19	0.21	0.22
4	0.21	0.20	0.21
5	0.18	0.19	0.21
6	0.20	0.19	0.25
7	0.18	0.21	0.23
8	0.19	0.20	0.21
9	0.20	0.20	0.23
10	0.21	0.23	0.26
11	0.20	0.23	0.25
12	0.21	0.21	0.24
13	0.20	0.22	0.24
Sumatoria	2.48	2.60	2.91
Promedio	0.19	0.20	0.22

El incremento en la producción se debe a un mayor número de vasos laticíferos afectados por el corte. La cantidad de vasos laticíferos afectados se incrementa cuando se corta mayor cantidad de corteza, esta última por efecto del aumento en la inclinación en el ángulo en el corte de pica.

Al colocar los datos de producción de kilogramos húmedos de látex de hule de los tres tratamientos en una gráfica se puede apreciar el comportamiento que se presentó durante el estudio.

FIGURA 3. Producción promedio por árbol de kilogramos húmedos de látex por ángulo de inclinación en el corte de pica.



Fuente: El autor, 2012

5.1.2 Análisis sobre las diferencias de las medias de la producción en los tres ángulos

En los cuadros 6, 7 y 8 se presentan los resultados de los análisis estadísticos de medias independientes con distribución "t" realizados con una significancia del 5%.

CUADRO 6. Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica de 30° y 45°

Estadístico	Tratamiento	
	Grado 45	Grado 30
Producción kg húmedo Media	0.200	0.191
Varianza	0.0003542	0.0002452
Observaciones	13	13
Grados de libertad	23	
Estadístico "t" calculado	1.3595	
P(T<=t) una cola	0.0936	
"t" tabulado	1.7139	

Como se observa en el cuadro 6, al comparar las observaciones de producciones de kilogramos húmedos del ángulo de inclinación en el corte de pica de 30° con el ángulo de inclinación en el corte de pica de 45° no hay diferencia estadística, ya que el valor de t calculado es menor al de t tabulado. Estos resultados concuerdan con lo indicado por la Gremial de Huleros de Guatemala, que indican que no existe diferencia en la producción obtenida utilizando un ángulo de inclinación en el corte de pica desde los 25° a 45°.

CUADRO 7. Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica de 30° y 60°.

Estadístico	Tratamiento	
	Grado 60	Grado 30
Producción kg húmedo Media	0.2238	0.1908
Varianza	0.00041	0.00025
Observaciones	13	13
Grados de libertad	23	
Estadístico "t" calculado	4.6480828	
P(T<=t) una cola	0.0000559	
"t" tabulado	1.7138715	

En el cuadro 7, con la comparación de medias entre los ángulos de inclinación de corte de pica de 30° y 60° se puede observar que si existe diferencia estadística entre las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol, donde la producción se incrementa en un 15% al pasarse de un ángulo de corte de pica de 30° a uno de 60°. Este incremento se fundamenta en que hay mayor cantidad de vasos laticíferos seccionados con el corte a mayor inclinación.

CUADRO 8. Comparación de medias independientes para las medias de producción de kilogramos húmedos de látex por árbol en los ángulos de inclinación en el corte de pica de 45° y 60°.

Estadístico	Tratamiento	
	Grado 60	Grado 45
Producción kg húmedo Media	0.224	0.200
Varianza	0.00041	0.00035
Observaciones	13	13
Grados de libertad	24	
Estadístico "t" calculado	3.10388	
P(T<=t) una cola	0.00242	
"t" tabulado	1.71088	

Como se observa en el cuadro 8, comparando los ángulos de inclinación en el corte de pica de 45° y 60°, se presentó diferencia estadística entre la producción de kilogramos húmedos de látex de los dos ángulos, obteniendo una mayor producción con el ángulo de 60° en la inclinación en el corte de pica con 0.22 kg húmedos de látex por árbol mientras que con 45° la producción fue de 0.20 kg húmedos de látex por árbol. La producción se incrementó en un 10% más al pasar de un ángulo en el corte de pica de 45° a uno de 60°. Los resultados anteriores se fundamentan en que existe mayor cantidad de vasos laticíferos seccionados por el corte de pica.

Entre las observaciones vistas durante el ensayo fue que al incrementar la inclinación del ángulo de pica se incrementa la longitud del corte de pica. Podemos decir en promedio que este incremento de pasarse de 30° a 60° la longitud del corte es un 32% más extensa, de 30° a 45° la longitud es un 17% más extensa y al pasarse de un ángulo de 45° a 60° la longitud del corte es un 12% más extensa. La Gremial de Huleros de Guatemala en su documento la Pica descendente y la inclinación del corte de pica, indica que aumentar el ángulo de pica solo conlleva a pérdidas innecesarias de corteza.

7. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. No se presentó diferencia entre la producción de kilogramos húmedos de látex por árbol entre los ángulos de inclinación en el corte de pica entre 30° y 45°.
2. El tratamiento de 60° de ángulo de inclinación en el corte de pica presentó mayor producción en kilogramos húmedos de látex por árbol que los tratamientos de ángulos de inclinación en el corte de pica 45° y 30° durante la época de lluvia, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.
3. Existe una relación entre el ángulo de pica descendente y la producción de kilogramos húmedos de látex por árbol, ya que al aumentar el ángulo se consume mayor cantidad de corteza exponiendo la apertura de más vasos laticíferos aumentando la producción.
4. Se observó que a mayor ángulo de inclinación en el corte de pica en la explotación descendente, se incrementa la longitud del corte de pica, por lo tanto hay mayor consumo de corteza.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar cambios en el incremento del ángulo de inclinación en el corte de pica solamente durante los meses de lluvia, debido a que se obtiene una mayor producción, durante la época seca (verano) es conveniente regresar al ángulo de inclinación en el corte de pica de 30°.
2. Si se quiere aumentar la producción de kilogramos húmedos de látex del clon RRIM 901 durante el invierno, se recomienda utilizar el ángulo de inclinación en el corte de pica de 60° para las condiciones de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán, S.A.
3. Evaluar los ángulos de inclinación en el corte de pica de 30 y 45 grados bajo condiciones de aplicación de estimulante durante la época de lluvia, para determinar si existe un comportamiento similar o hay aumento con respecto al ángulo de 60°, bajo las mismas condiciones evaluadas anteriormente.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado P., J.C. 1997. Las enfermedades del cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*) en Guatemala. Primera edición. Impresión Galton. Guatemala. 54 p.
2. Calderon, J.R. 2008. Informe Técnico. Practica Agrícola y Forestal Supervisada. Escuela Nacional de Agricultura. 50 p.
3. COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA, GTZ. 2009. Estudio de factibilidad para la explotación de hule natural, procedente de zonas indígenas en áreas de la reserva de biosfera bosawás. Consultado febrero 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/61869920/Estudio-de-Hule-Natural>
4. FUNDACIÓN PRODUCE OAXACA, A.C. 2007. El cultivo del hule (en línea). Consultado febrero 2012. Disponible en <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/produce/mayo07/contenido.pdf> 36 p.
5. GREMHULE (Gremial de huleros de Guatemala, GT). 2000. Manual práctico del cultivo del hule 2000. Primera edición. Guatemala. 165 p.
6. GREMHULE (Gremial de huleros de Guatemala, GT). Manual práctico del cultivo del hule 2010. Segunda edición. Guatemala.
7. GREMHULE (Gremial de huleros de Guatemala, GT). Pica descendente y la inclinación en el corte (en línea). Consultado enero de 2012. Disponible en http://www.prueba.gremialdehuleros.org/Paginas_web/Agremiados/Noticias/archivos/PicaDescendente.pdf

8. Palacios P., M.G. 2011. Evaluación del rendimiento de hule seco por hectárea bajo la influencia de dos ángulos de pica descendente en el clon GT-1 (*Hevea brasiliensis*) en finca San Gregorio Piedra Parada, Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala., Facultad de Agronomía. 44p.

9. Palencia J., C.V. 2000. Manual general del cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 100 p.

10. Santizo Y., T.C. 2011. Evaluación agronómica de tres intensidades de estimulación con etephon (ácido dicloro etil fosfónico) en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) Clon PB 255, en la finca Santa Ana Mixpiyá, Municipio de San Miguel Panán, Departamento de Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala., Facultad de Agronomía. 42 p.

:

11. ANEXOS

ANEXO 1. Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 30°



ANEXO 2. Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 45°



ANEXO 3. Tratamiento con ángulo de inclinación en el corte de pica de 60°



ANEXO 4. Recursos económicos. (Presupuesto del experimento)

Descripción (Materiales)	UNIDAD	COSTO UNIDAD (Q)	TOTAL (Q)
Árboles de hule	600	-----	-----
Recipientes de ½ litro de capacidad	600	2.00	1200.00
Ganchos de alambre galvanizado	600	0.50	300.00
Espitas de lámina de 3x6 cms.	600	0.25	150.00
Cuchilla de pica calibre R1	1	30.00	30.00
Balanza	1	150.00	150.00
Libreta de campo	1	5.00	5.00
Picador (13 días picados)	13	63.70	828.10
		TOTAL	Q2,663.10

ANEXO 5. Kilogramos húmedos de látex por repeticiones por tratamiento.

Tratamiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Grado 30	30	38	37	41	36	39	36	37	40	42	39	41	40
Grado 45	31	36	41	40	38	38	41	40	40	45	45	42	43
Grado 60	37	40	44	42	42	49	45	42	46	51	49	48	47

Fuente: El autor 2,012